

## АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В ЛИСТЯХ *ROSA* × *HYBRIDA* HORT. В УСЛОВИЯХ ВЛАЖНЫХ СУБТРОПИКОВ РОССИИ

Бударин А. А.<sup>1</sup>, Клемешова К. В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур»

<sup>2</sup> Курортный район «Имеретинский»  
г. Сочи, Россия, e-mail: klemeshova\_kv@mail.ru

Изучение сезонной динамики мощности пигментного комплекса в листьях садовых роз (*Rosa* × *hybrida hort.*) в течение 2016–2017 гг. позволило установить общие сезонные изменения в содержании зелёных пигментов и каротиноидов культуры, среднее содержание пигментов и их соотношение, отметить существенные отличия по ряду показателей. В результате проведённого анализа установлены сортовые различия в содержании основных фотосинтетических пигментов, которые в дальнейшем возможно использовать при диагностике функционального состояния культуры садовых роз при интродукции в условиях влажного субтропического климата.

**Ключевые слова:** *Rosa* × *hybrida*, садовые розы, функциональная группа, пигментный комплекс, хлорофилл, каротиноиды.

Роль интродукции растений на современном этапе развития многогранна. Являясь одним из методов изучения растений вне их естественных мест обитания, которому в последнее время придается особое значение, интродукция решает глобальную проблему сохранения мирового биоразнообразия. Для интродукции растений характерна закономерность убывания результативности, что связано с преобладанием её практической направленности над теоретической на ранних этапах. Среди ботанических дисциплин, призванных решать вопросы интродукции, одно из ведущих мест принадлежит физиологии растений, поскольку, изучая зависимость процессов жизнедеятельности растений от условий окружающей среды, она вскрывает и механизмы приспособления растений к внешним факторам.

В связи с этим актуальным является изучение физиологических показателей, в частности, динамики содержания фотосинтетических пигментов интродуцированных растений в процессе их адаптации к новым условиям произрастания.

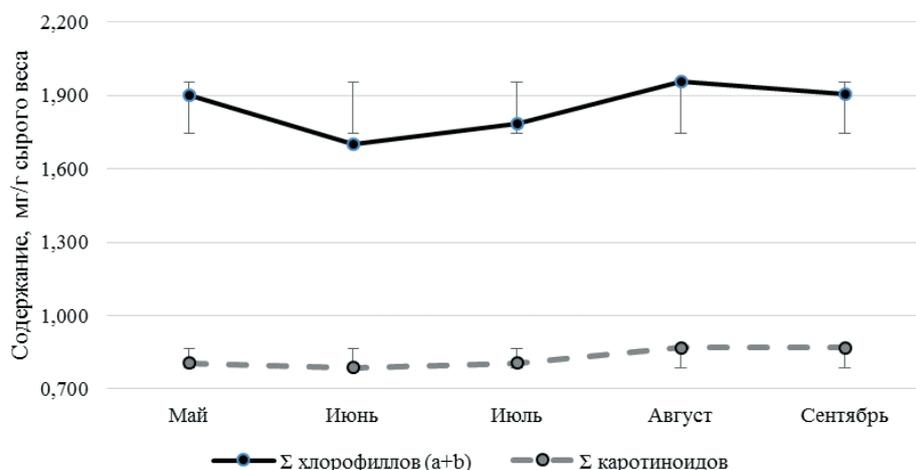
**Цель данной работы** – изучить особенности содержания фотосинтетических пигментов в листьях различных сортов садовых роз во влажных субтропиках России для разработки методики комплексной оценки культуры в регионе.

**Объекты и методы исследований.** Объектами исследований являлись различные сорта садовых роз (*Rosa × hybrida hort.*), отличающиеся степенью устойчивости к основным грибным заболеваниям в регионе, а именно к чёрной пятнистости (возбудитель – *Diplocarpon rosae* F.A. Wolf), мучнистой росе (*Podosphaera pannosa* (Wallr.) de Bary), серой гнилью (*Botrytis cinerea* Pers.) и ржавчине (*Phragmidium mucronatum* (Pers.) Schltdl.). Модельные сортообразцы были разделены нами по разным группам устойчивости к болезням на основании собственных исследований за период 2007–2015 гг. [5, 6, 10]. Устойчивость сортов к фитопатогенам определяли согласно методическим указаниям по выявлению и учёту болезней цветочных культур (1974) [13].

Изучение сезонной динамики содержания пигментов проводилось в 2016–2017 гг. на сортах из функциональных групп кустовые – ‘Sangria’ (контроль), ‘Knock Out’, ‘Grand Hotel’, ‘Graham Thomas’; и крупноцветковые розы – ‘Lover’s Meeting’ (контроль), ‘Chrysler Imperial’, ‘Grand Mogul’, ‘Lady X’. Содержание фотосинтетических пигментов в листьях садовых роз изучали в динамике на протяжении всего периода вегетации (май – сентябрь). Пигменты экстрагировали 100%-ным ацетоном из зрелых листьев растений (навеска 170 мг) методом А. А. Шлыка [19]. Содержание фотосинтетических пигментов определяли по спектрам поглощения (длины волн для хлорофилла *a* – 662 нм, хлорофилла *b* – 644, суммы каротиноидов – 440,5 нм), снятым на спектрофотометре ПЭ-5400ви (Россия). Количество пигментов в экстрактах рассчитывали по формулам, предложенным Циглером и Эгле [19, 20].

Данные статистически обработаны методом по Б. А. Доспехову [4], с использованием пакета программ Microsoft Excel. В таблицах представлены средние значения и ошибки среднего.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Пигментный состав считается одним из самых информативных показателей, характеризующих состояние фотосинтетического аппарата любого растительного организма, в то же время, содержание пигментов в течение периода вегетации является довольно динамичным показателем. Так, согласно полученным данным, изучаемые растения активно накапливали хлорофиллы и каротиноиды, при этом минимальные значения отмечены в конце июня – 1,702 мг/г хлорофиллов и 0,786 мг/г – каротиноидов. Наибольшее содержание обеих групп пигментов достигается в августе, для хлорофиллов максимум составил 1,957 мг/г, для каротиноидов – 0,869 мг/г (рис. 1).



**Рис. 1.** Сезонное содержание хлорофиллов и каротиноидов в листьях *Rosa × hybrida* различных сортов, 2016–2017 гг.

В целом такие сезонные изменения свойственны большинству видов, изучаемых в зоне влажных субтропиков. Связано это, в том числе, с условиями произрастания, что подтверждается и другими исследователями [1, 2, 7–9, 11, 12, 15].

При сезонной количественной оценке параметров накопления фотосинтетических пигментов проявляются сортовые отличия (табл. 1). Несмотря на то, что выявленные закономерности изменения содержания пигментов проявляются у всех исследуемых сортов *Rosa × hybrida*, устойчивые сорта в стрессовый период характеризуются динамичным накоплением каротиноидов и меньшей лабильностью хлорофиллов.

Основным фотосинтетическим пигментом является хлорофилл *a*, и его среднее количество в листьях садовых роз исследуемых сортов колеблется в пределах от 1,003 мг/г у сорта ‘Graham Thomas’ до 1,704 мг/г – у сорта ‘Knock Out’, и различия существенны ( $HCP_{05} = 0,114$ ). В сортовом разрезе, согласно полученным данным, в группе кустовых роз максимум накопления хлорофилла *a* отмечено у устойчивого сорта ‘Knock Out’, минимум – у неустойчивого сорта ‘Graham Thomas’ ( $HCP_{05} = 0,006$ ). У крупноцветковых роз не удалось выявить взаимосвязь между содержанием основного фотосинтетического пигмента в листьях роз и их устойчивостью к биотическим стрессорам, в данной функциональной группе наибольшее содержание хлорофилла *a* характерно для среднеустойчивого сорта ‘Grand Mogul’, минимальное – для сорта ‘Chrysler Imperial’, устойчивого к негативному воздействию фитопатогенов.

**Содержание фотосинтетических пигментов  
в листьях *Rosa* × *hybrida* различных сортов, 2016–2017 гг.**

Сорта	Cl <sub>a</sub> , мг/г	Cl <sub>b</sub> , мг/г	∑хлор., мг/г	∑карот., мг/г	Cl <sub>a</sub> /Cl <sub>b</sub>	∑хлор./ ∑карот.
<i>гр. кустовые розы</i>						
‘Sangria’	1,261 ±0,14	0,393 ±0,06	1,654 ±0,18	0,740 ±0,08	3,257 ±0,42	2,239 ±0,11
‘Knock Out’	1,704 ±0,21	0,546 ±0,08	2,249 ±0,27	0,985 ±0,12	3,163 ±0,40	2,286 ±0,09
‘Grand Hotel’	1,565 ±0,21	0,518 ±0,09	2,083 ±0,27	0,938 ±0,12	3,059 ±0,38	2,222 ±0,09
‘Graham Thomas’	1,003 ±0,26	0,331 ±0,08	1,334 ±0,33	0,608 ±0,14	3,049 ±0,43	2,189±0,14
HCP <sub>05</sub>	0,006	0,044	0,146	0,065	0,225	0,059
<i>гр. крупноцветковые розы</i>						
‘Lover’s Meeting’	1,441 ±0,22	0,475 ±0,08	1,916 ±0,27	0,863 ±0,12	3,073 ±0,43	2,221 ±0,11
‘Chrysler Imperial’	1,258 ±0,18	0,393 ±0,07	1,651 ±0,23	0,746 ±0,09	3,249 ±0,43	2,212 ±0,14
‘Grand Mogul’	1,510 ±0,23	0,504 ±0,11	2,014 ±0,32	0,893 ±0,14	3,061±0,41	2,255 ±0,11
‘Lady X’	1,357 ±0,17	0,437 ±0,07	1,795 ±0,21	0,806 ±0,10	3,135 ±0,36	2,229 ±0,12
HCP <sub>05</sub>	0,113	0,047	0,147	0,064	0,230	0,066

Согласно представленным в таблице данным, соотношение хлорофилла *b* в различных сортах соответствует соотношению хлорофилла *a*. Так, большим содержанием хлорофилла *b* группы кустовых роз отличается сорт ‘Knock Out’ – 0,546 мг/г, группы крупноцветковых роз – ‘Grand Mogul’ – 0,504 мг/г, минимальное количество пигмента отмечено в листьях сортов ‘Graham Thomas’ – 0,331 мг/г (группа кустовые) и ‘Chrysler Imperial’ – 0,393 мг/г (группа крупноцветковые). Среднее содержание хлорофилла *b* в зависимости от сорта отмечается в диапазоне от 0,331 мг/г у сорта ‘Graham Thomas’ до 1,546 мг/г – у сорта ‘Knock Out’, причём различия существенны (HCP<sub>05</sub> = 0,045). В целом повышенное содержание хлорофилла *b*, как вспомогательного пигмента фотосинтеза, способствующего более эффективному поглощению энергии, отмечено у сортов ‘Knock Out’, ‘Grand Hotel’ (кустовые розы) и ‘Grand Mogul’ (крупноцветковые розы).

Обязательным компонентом пигментной системы растений являются каротиноиды, разнообразная группа окрашенных пигментов, выполняющих ряд очень важных функций в процессе фотосинтеза. При изучении адаптивного потенциала тех или иных растений, в большей степени интересна протекторная функция каротиноидов. Среднее содержание каротиноидов в листьях роз вне зависимости от функциональной принадлежности, сорта и сезона составляет  $0,823 \pm 0,160$  мг/г сырого веса, существенно ниже содержание каротиноидов у сорта 'Graham Thomas' –  $0,608$  мг/г ( $НСР_{05} = 0,064$ ). Внутри функциональных групп максимальным содержанием каротиноидов отличаются листья сортов 'Knock Out'  $0,985$  мг/г (группа кустовые) и 'Grand Mogul'  $0,893$  мг/г (группа крупноцветковые). Минимальное количество в группе кустовых роз –  $0,608$  мг/г у сорта 'Graham Thomas', крупноцветковых роз –  $0,746$  мг/г у сорта 'Chrysler Imperial'. Крупноцветковые сорта в отличие от кустовых роз в целом характеризуются более выровненным содержанием по сортам данной пигментной группы (табл. 1).

Соотношение зелёных пигментов свидетельствует о степени сформированности фотосинтетического аппарата и связано с активностью основного фотосинтетического пигмента (хлорофилла *a*); чем соотношение больше, тем интенсивность фотосинтеза выше (в норме данный показатель должен составлять  $2,2-3,0$ ) [14, 16, 18]. В зрелых листьях садовых роз отмечается интенсивное протекание процессов фотосинтеза, различия в соотношении хлорофилла *a* и хлорофилла *b* не существенны и не зависят от сортовой принадлежности. Показатель колеблется в пределах от  $3,049$  до  $3,257$ . Одновременно по соотношению хлорофиллов можно судить о теневыносливости растений. Согласно литературным данным, отношение хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* у светолюбивых растений составляет величину порядка  $3,9$ , а у теневыносливых оно близко к  $2,3$  [3]. Достаточно высокий средний по культуре показатель  $3,135 \pm 0,405$  свидетельствует о предельной светолюбивости садовых роз независимо от принадлежности к той или иной функциональной группе.

Определение отношения сумм хлорофиллов и каротиноидов не менее важно при характеристике работы фотосинтетического аппарата. Этот показатель стабильно и очень чутко реагирует на изменения различных факторов среды, достаточно информативный признак, указывающий на степень приспособленности растений к различным неблагоприятным факторам среды [17, 18]. В среднем по культуре данный показатель был достаточно низким и колебался в пределах  $2,189-2,286$ , что свидетельствует об активной светособирающей функции пигментного комплекса. Изменения в сортовом разрезе были не существенными.

**Выводы.** В целом общее содержание зелёной группы пигментов в листьях садовых роз лежит в пределах 1,334–2,249 мг/г сырого веса и зависит от сортовой принадлежности. Среднее содержание каротиноидов в листьях роз составляет  $0,823 \pm 0,160$  мг/г сырого веса, и также существенно зависит от сорта, имеет отличия внутри функциональных групп. Соотношение хлорофиллов ( $a/b$ ), а также суммы хлорофиллов к каротиноидам ( $(a+b)/\text{каротиноиды}$ ) имеют относительно равное значение с незначительными изменениями в сортовом разрезе, и составляют в среднем 3,049–3,257 и 2,189–2,286, соответственно.

Таким образом, в результате проведённого анализа установлены сортовые различия в содержании основных фотосинтетических пигментов (хлорофилл  $a$ ,  $b$ , каротиноиды), что в дальнейшем возможно использовать при диагностики функционального состояния культуры садовых роз (*Rosa* × *hybrida*) при интродукции в условиях влажного субтропического климата.

#### Библиографический список

1. Абиьфазова Ю.С. Устойчивость персика к стресс-факторам влажных субтропиков России // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2016. – № 6. – С. 40-42. – ISSN: 2500-2082.
2. Белоус О.Г., Притула З.В. Характеристика пигментного аппарата растений чая в условиях влажных субтропиков России // Субтропическое и декоративное садоводство: сб. науч. тр. – Сочи: ВНИИЦиСК, 2009. – Вып. 42. – Т. II. – С. 103-110. – ISSN: 2225-3068.
3. Величко И.М. Когда и как возникли растения. – Киев: Наукова думка, 1989. – 158 с.
4. Дослехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
5. Карпун Н.Н. Наиболее распространённые болезни декоративных древесных растений г. Сочи // Субтропическое и декоративное садоводство: сб. науч. тр. – Сочи: ВНИИЦиСК. – 2009. – Вып. 42. – С. 95-100. – ISSN: 2225-3068.
6. Карпун Н.Н., Бударин А.А., Клемешова К.В. Сортовая устойчивость садовых роз к грибным болезням в условиях влажных субтропиков России // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2015. – Вып. 55. – С. 145-152. – ISSN: 2225-3068.
7. Клемешова К.В. Адаптивный потенциал актинидии сладкой (*Actinidia deliciosa* Chevalier) в условиях влажных субтропиков России: дис. ... канд. с.-х. наук. – Краснодар, 2012. – 121 с.
8. Клемешова К.В., Белоус О.Г. Сортовая диагностика функционального состояния Актинидии сладкой: основные абиотические стрессоры, диагностические показатели и методика диагностики. – Saarbrücken, Deutschland: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 64 p. – ISBN: 978-3-659-44008-3.
9. Кожевникова А.М., Белоус О.Г. Характеристика пигментного аппарата листьев различных сортов фундука во влажных субтропиках России // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2012. – Вып. 47. – С. 178-183. – ISSN: 2225-3068.
10. Коробов В.И., Бударин А.А. Отбор садовых роз на устойчивость к болезням в открытом грунте на Черноморском побережье России // Биоресурсы, биотехнологии, экологически безопасное развитие Агропромышленного комплекса: сб. науч. тр. – Сочи: ВНИИЦиСК, 2007. – Вып. 40. – С. 102-113.
11. Малярская В.И., Белоус О.Г. Методическое пособие по использованию физиолого-биохимических параметров для оценки устойчивости вейгелы (*Weigela* × *Wagnera* L.H.

- Bailey) в условиях Черноморского побережья Краснодарского края // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2015. – Вып. 52. – С. 107-125. – ISSN: 2225-3068.
12. Маляровская В.И., Белоус О.Г. Фотосинтетическая активность листьев *Hydrangea macrophylla* Seg. в условиях влажных субтропиков России // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2017. – Вып. 61. – С. 167-173. – ISSN: 2225-3068.
13. Методические указания по выявлению и учету болезней цветочных культур / под ред. Т.А. Ищенко. – М.: Колос, 1974. – 16 с.
14. Рындин А.В., Белоус О.Г., Маляровская В.И., Притула З.В., Абильфазова Ю.С., Кожевникова А.М. Использование физиолого-биохимических методов для выявления механизмов адаптации субтропических, южных плодовых и декоративных культур в условиях субтропиков России // Сельскохозяйственная биология. – 2014. – № 3. – С. 40-48. – ISSN: 0131-6397.
15. Слепченко Н.А., Белоус О.Г. Некоторые физиологические особенности белоцветника летнего (*Leucojum aestivum* L.) в условиях субтропиков России // Сельскохозяйственная биология. – 2012. – № 3. – С. 86-89. – ISSN: 0131-6397.
16. Тарасенко С.А., Карпач Е.Б. Изменение физиологических показателей растений яровых зерновых культур при интенсивных технологиях возделывания // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. тр. / под ред. ч.-к. НАН Беларуси В.К. Пестиса. – Гродно: Гродн. гос. аграрн. ун-т., 2006. – Т. 1: Агрономия. – С. 499-503.
17. Тарчевский И.А., Андрианова Ю.Е. Содержание пигментов как показатель мощности развития фотосинтетического аппарата у пшеницы // Физиология растений. – 1980. – Т. 27. – Вып. 2. – С. 341-348. – ISSN: 0015-3303.
18. Титова М.С. Содержание фотосинтетических пигментов в хвое *Picea abies* и *Picea koraiensis* // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2010. – № 12-1(118). – С. 9-12. – ISSN: 1814-6457.
19. Шлык А.А. Определение хлорофилла и каротиноидов в экстрактах зелёных листьев // Биохимические методы физиологии растений. – М.: Наука. – 1971. – С. 154-170.
20. Krause G.H., Wies E. Chlorophyll Fluorescence and Photosynthesis // The Basis. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. – 1991. – Vol. 42. – P. 313-349.

**ANALYZING THE PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS  
CONTENT IN *ROSA* × *HYBRIDA* HORT. LEAVES IN CONDITIONS  
OF THE RUSSIAN HUMID SUBTROPICS**

**Budarin A. A.<sup>1</sup>, Klemeshova K. V.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Federal State Budgetary Scientific Institution  
“Russian Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops“

<sup>2</sup> Resort area “Imeretinsky”

c. Sochi, Russia, e-mail: klemeshova\_kv@mail.ru

The seasonal dynamics of the pigment complex power in garden roses (*Rosa* × *hybrida* hort.) leaves was studied during 2016–2017 and allowed us to establish common seasonal changes in the green pigments and carotenoids content, as well as to determine the average pigments content and their ratio, noting significant differences in some indicators. The analysis carried out established that there were some varietal differences in the content of the main photosynthetic pigments, which can later be used to diagnose garden roses functional state, introducing it in a humid subtropical climate.

**Key words:** *Rosa* × *hybrida*, garden roses, functional group, pigment complex, chlorophyll, carotenoids.